

**ANALISIS PENENTUAN KAPASITAS PEMUTUS TENAGA SISI 20 kV  
PENYULANG PALUR 1 PADA GARDU INDUK PALUR**



**Disusun sebagai salah satu syarat menyelesaikan Program Studi Strata I pada  
Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik**

**Oleh:**

**DWI WINARKO**

**D 400 140 093**

**PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SURAKARTA  
2018**

**HALAMAN PERSETUJUAN**

**ANALISIS PENENTUAN KAPASITAS PEMUTUS TENAGA SISI 20 kV PENYULANG  
PALUR 1 PADA GARDU INDUK PALUR**

**PUBLIKASI ILMIAH**

Oleh:

**DWI WINARKO**

**D 400 140 093**

Telah diperiksa dan disetujui untuk diuji oleh:

Dosen Pembimbing



**Agus Supardi, S.T , M.T**

**NIK : 883**

**HALAMAN PENGESAHAN**

**ANALISIS PENENTUAN KAPASITAS PEMUTUS TENAGA SISI 20 kV PENYULANG  
PALUR 1 PADA GARDU INDUK PALUR**

**OLEH**

**DWI WINARKO**

**D 400 140 093**

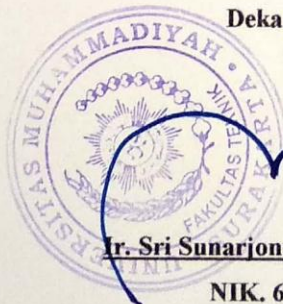
Telah dipertahankan di depan Dewan Penguji  
Fakultas Teknik Elektro  
Universitas Muhammadiyah Surakarta  
Pada hari Rabu , 25-07- 2018  
dan dinyatakan telah memenuhi syarat

**Dewan Penguji:**

1. Agus Supardi, ST.MT  
(Ketua Dewan Penguji)
2. Umar, ST. MT  
(Anggota I Dewan Penguji)
3. Aris Budiman, ST. MT  
(Anggota II Dewan Penguji)

(.....)  
(.....)  
(.....)

**Dekan,**



**Ir. Sri Sunarjono, M.T, Ph. D**

**NIK. 628**

## PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa dalam naskah publikasi ini tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan di suatu perguruan tinggi dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan orang lain, kecuali secara tertulis diacu dalam naskah dan disebutkan dalam daftar pustaka.

Apabila kelak terbukti ada ketidakbenaran dalam pernyataan saya di atas, maka akan saya pertanggungjawabkan sepenuhnya.

Surakarta, 25 juli 2018

Penulis



**DWI WINARKO**

**D 400 140 093**

# **ANALISIS PENENTUAN KAPASITAS PEMUTUS TENAGA SISI 20 kV PENYULANG PALUR 1 PADA GARDU INDUK PALUR**

## **Abstrak**

Sistem distribusi dan transmisi tenaga listrik merupakan bagian yang paling penting, karena keduanya memainkan peran kunci dalam transmisi daya dari pembangkit ke pusat beban khususnya pada jaringan 20 kV. Jalur distribusi 20 kV sering mengalami gangguan yang biasanya berupa gangguan hubung singkat. Penanggulangan gangguan ini bisa diminimalisir dengan memasang alat proteksi jaringan listrik yaitu pemutus tenaga (CB). Alat proteksi ini harus bisa melokalisir titik gangguan yang terjadi agar tidak merusak peralatan-peralatan listrik yang terpasang. Hal tersebut dapat ditanggulangi dengan menentukan kapasitas pemutus tenaga. Penelitian dilakukan dengan mengambil data dari PT PLN selanjutnya menganalisis data yang telah diterima. Arus gangguan yang dihitung adalah arus gangguan hubung singkat 3 fasa karena arus ini merupakan arus terbesar yang masuk dan penyebab besar atau tidaknya arus hubung singkat dapat dihitung dengan jarak titik gangguan dengan sumber. Setelah semua perhitungan diselesaikan nilai arus pemutusan sudah bisa ditentukan yaitu untuk sistem busbar 20 kV kapasitas pemutusannya sebesar 34,08 kA dan pada transformator 150 kV kapasitas pemutusannya sebesar 34,08 kA sehingga rating PMT keduanya sebesar 40 kA sedangkan pada penyulang palur 1 kapasitas pemutusannya sebesar 13,53 kA sehingga rating PMT penyulang Palur 1 sebesar 25 kA.

**Kata kunci :** rating PMT, CB, gangguan hubung singkat

## **Abstract**

Electricity distribution and transmission systems are the most important part, as both play a key role in the transmission of power from the plant to the load center especially to the 20 kV network. 20 kV distribution lines often experience interference which is usually a short circuit. Countermeasures of this disorder can be minimized by installing an electrical network protection tool that is a power breaker (CB). This protection tool should be able to localize the point of interference that occurs so as not to damage the installed electrical equipment. This can be mitigated by determining the capacity of the breaker. Penelitian done by taking data from PT PLN then analyze the data that has been received. The computed noise current is a 3 phase short circuit current because this current is the largest current entering and the cause of whether the short circuit current can be calculated by the distance of the disturbance point with the source. After all calculations are completed the termination current value can be determined that is for the busbar system 20 kV its disconnection capacity of 34.08 kA and the transformer 150 kV its termination capacity of 34.08 kA so that the second PMT rating is 40 kA whereas in the transmitter line 1 its termination capacity equal to 13.53 kA so that the PMT repeater rating of Palur 1 is 25 kA.

**Keyword :** rating CB, CB, short-circuit

## **1.PENDAHULUAN**

Dalam penelitian yang dilakukan Wani and singh (2014) bahwa sistem distribusi tenaga dan jalur transmisi merupakan bagian yang paling penting, karena memainkan peran kunci dalam transmisi daya dari pembangkit ke pusat beban. Sistem tenaga listrik pada dasarnya harus bisa memberikan



tingkat pelayanan yang tinggi sehingga apabila terjadi sebuah gangguan yang tidak bisa dihindari lagi sistem mampu mengurangi waktu gangguan yang terjadi. Tegangan lebih dan daya yang hilang dapat terjadi dengan beberapa sebab, yaitu salahnya pengoperasian, kondisi alam, dan lain sebagainya yang mampu mengganggu sebuah sistem.

Kemungkinan adanya sebuah gangguan pada sistem tenaga listrik khususnya pada jaringan listrik memunculkan suatu gagasan tentang bagaimana cara melindungi suatu jaringan listrik sehingga apabila terjadi sebuah gangguan maka dapat diatasi. Adapun cara pencegahannya seperti dengan memasang alat pengaman pada suatu peralatan yang dapat mengamankan suatu jaringan listrik dari sebuah gangguan yang akan terjadi, apabila terjadi sebuah gangguan pada sistem jaringan listrik tersebut maka dapat mencegah dan membatasi jika terjadi kerusakan serta meminimalisir efek-efeknya pada sistem yang sehat.

Menurut analisis Kaloudas et al (2011) Keandalan dan kemampuan suatu sistem tenaga listrik dalam melayani konsumen sangat tergantung pada sistem proteksi yang digunakan. Proteksi yang ada pada sistem tenaga listrik minimal terdiri dari relay, transformator instrumen dan pemutus tenaga atau biasa disebut *circuit breaker* (CB). Pemutus tenaga (PMT) atau *circuit breaker* (CB) adalah peralatan saklar mekanis yang dapat membuka, menutup dan memutus arus beban dalam keadaan normal ataupun dalam keadaan abnormal. Pemutus tenaga bisa dikatakan memenuhi syarat jika mampu menyalurkan arus maksimum secara berulang dan mampu memutus arus hubung singkat kecepatan tinggi sehingga tidak merusak peralatan sistem. Hubung singkat (*short circuit fault*) adalah terjadinya hubungan penghantar bertegangan atau penghantar tidak bertegangan secara langsung melalui media (resistor/beban) sehingga terjadi aliran arus yang tidak normal (sangat besar). Gokulpure (2015) berpendapat bahwa Hubung singkat merupakan jenis gangguan yang sering terjadi pada sistem tenaga listrik, terutama pada saluran 3 fasa. Dengan menghitung nilai arus gangguan maksimum yang ada pada jaringan distribusi 20 kV gardu induk Palur agar dapat menentukan kapasitas pemutus tenaga (PMT), arus gangguan yang dihitung adalah pada gangguan hubung singkat 3 fasa. Lewat sebuah analisis yang dilakukan Debniloy De (2014) bahwa perhitungan arus pendek dilakukan untuk melindungi sistem dari kerusakan dan membatasi arus-arus disistem. Analisis rangkaian pendek dilakukan untuk menentukan pilihan perangkat proteksi yang tepat, memilih peralatan interupsi yang efisien dan verifikasi kecukupan yang ada. Sesuai yang ditulis Kaur (2016) bahwa pemahaman yang baik tentang rating memungkinkan untuk membuat keputusan yang tepat dalam perbandingan berbagai desain pemutus arus.

Dalam hal ini peneliti berusaha untuk menganalisa permasalahan di atas dan membuat sebuah penelitian yang berjudul "Analisis Penentuan Kapasitas Pemutus Tenaga sisi 20 kV Penyulang Palur 1 Pada GI Palur"

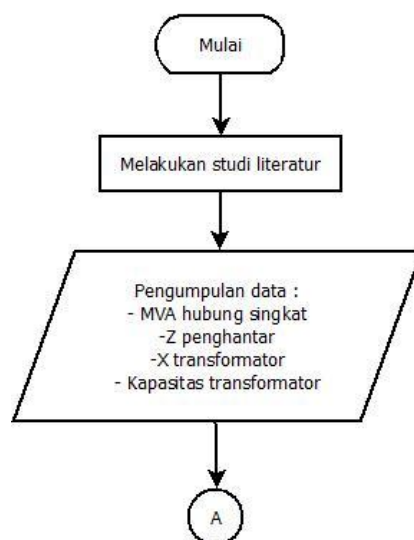
## 2. METODE

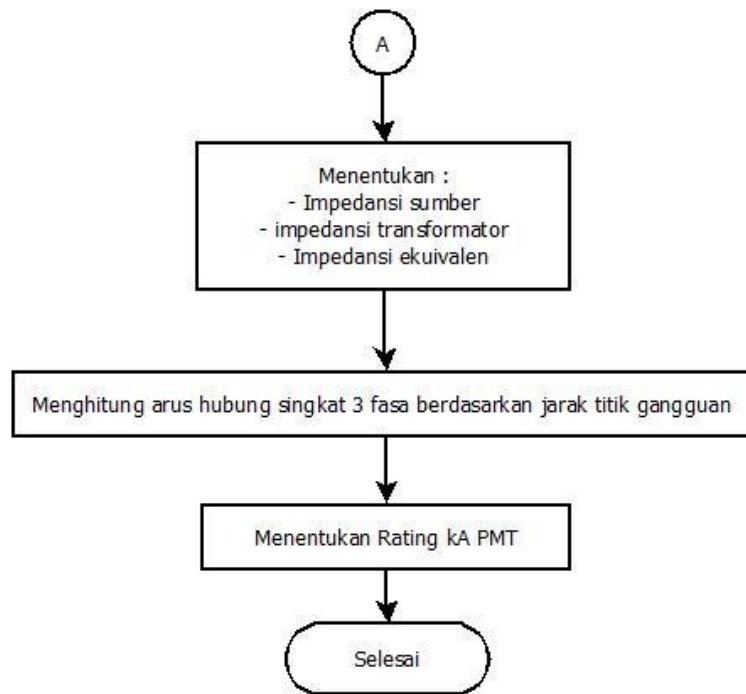
### 2.1 Tahapan penelitian

Sebelum melakukan penelitian penentuan kapasitas pemutus tenaga pada gardu induk palur 150 kV ini adalah sebagai berikut :

- 1) Menentukan tempat penelitian dan waktu penelitian. Dalam hal ini penulis memilih tempat penelitian di gardu induk Palur 150 kV yang terletak di jl. Solo – Sragen, perumnas Ngringo, Jaten, Kabupaten Karanganyar, Jawa Tengah. Penulis menentukan waktu penelitian yaitu pada saat melaksanakan kerja praktek di gardu induk Palur 150 kV selama satu bulan.
- 2) Melakukan studi literatur dengan mengumpulkan naskah publikasi internasional. Dalam hal ini penulis mengumpulkan 5 jurnal internasional yang sesuai tema yaitu kapasitas pemutus tenaga sehingga bisa dijadikan acuan untuk analisis.
- 3) Mengumpulkan data teknis yang terdapat di gardu induk Palur dengan cara mengajukan surat permintaan data teknis ke PT . PLN (persero) APJ Surakarta dan menunggu surat balasan dari PT PLN yang berisi data apa saja yang penulis ajukan diawal.
- 4) Analisis data dengan cara mempelajari jurnal internasional yang sudah penulis kumpulkan sebagai acuan agar dapat mempermudah dalam menganalisis. Analisis selanjutnya yaitu menghitung impedansi, reaktansi dan gangguan hubung singkat 3 fasa, setelah hasil telah ditemukan maka penulis dapat menentukan besar kapasitas pemutus tenaga yang dibutuhkan.

### 2.2 Flowchart penelitian





Gambar 1. *Flowchart* Penelitian

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Data teknik yang terdapat pada gardu induk Palur yaitu :

#### A. Transformator Daya

Merk/Type : Xian  
 Kapasitas : 60 MVA  
 Impedansi urutan positif : 13 %  
 Tegangan Nominal : 150 kV

#### B. Kawat penghantar

Jenis penghantar : AAAC  
 Impedansi urutan positif :  $0,6452 + j 0,3678$  ohm/km

#### 3.1 Impedansi sumber

Analisa impedansi dapat diperoleh dari data MVA hubung singkat tiga phasa dari PT. PLN (persero) . MVA hubung singkat tiga phasa pada Gardu Induk Palur yaitu 10392 MVA jadi untuk menghitung impedansi sumber bisa dihitung dengan persamaan :

$$X_{S1 \text{ dasar}} = \frac{kV^2_{\text{dasar}}}{MVA_{\text{dasar}}} \dots\dots\dots(1)$$

Dengan :

$X_{S1 \text{ dasar}}$  = Reaktansi sumber urutan positif (ohm)

$kV^2_{\text{dasar}}$  = Tegangan dasar (kV)



$MVA_{\text{dasar}} = \text{Kapasitas transformator (MVA)}$

$$X_{s1 \text{ dasar}} = \frac{150^2 kV}{60 MVA}$$

$$= 375 \text{ Ohm}$$

Maka impedansi sumber urutan positif adalah :

$$X_{s1 \text{ sebenarnya}} = \frac{kV^2 \text{sebenarnya}}{MVA_{hs3\emptyset}} \dots\dots\dots(2)$$

Dengan :

$MVA_{hs3\emptyset} = \text{MVA hubung singkat tiga fasa (MVA)}$

$$X_{s1 \text{ sebenarnya}} = \frac{150^2 kV}{10392 MVA} = \frac{22500 kV}{10392 MVA}$$

$$= 2,16 \text{ Ohm}$$

Dalam satuan per unit (pu) adalah :

$$X_{s1} = \frac{X_{s1 \text{ sebenarnya}}}{X_{s1 \text{ dasar}}} = \frac{2,16 \text{ Ohm}}{375 \text{ Ohm}}$$

$$= j 0,005 \text{ pu}$$

### 3.2 Impedansi Penyulang

Data impedansi penghantar yang didapat dari PT. PLN (Persero) Surakarta dapat dilihat pada tabel di bawah ini :

Tabel 1. Impedansi penghantar

Jenis penghantar kawat	Impedansi urutan positif (ohm/km)
AAAC (A3C) 50 mm <sup>2</sup>	0,6452 + j 0,3678

Untuk impedansi penyulang hanya diambil dari impedansi kabel AAAC (A3C) karena diasumsikan gangguan terjadi di sambungan kabel tersebut. Perhitungan dapat dipermudah dengan menjadikan semua nilai impedansi total pada saluran penyulang diubah dalam satuan per unit (pu).

$$Z_{\text{dasar}} = \frac{kV^2(\text{sisi sekunder})}{MVA_{\text{dasar}}} = \frac{20^2 kV}{60 MVA} \dots\dots\dots(3)$$

$$= 6,6 \text{ Ohm}$$

Maka impedansi penyulang urutan positif adalah :

$$Z_{\text{penyulang (pu)}} = \frac{Z_{\text{penyulang sebenarnya}}}{Z_{\text{dasar}}} \dots\dots\dots(4)$$

Dengan :

$Z_{\text{penyulang}}$  = Impedansi penyulang (ohm/km)

$Z_{\text{penyulang sebenarnya}}$  = Impedansi penyulang (sebenarnya)

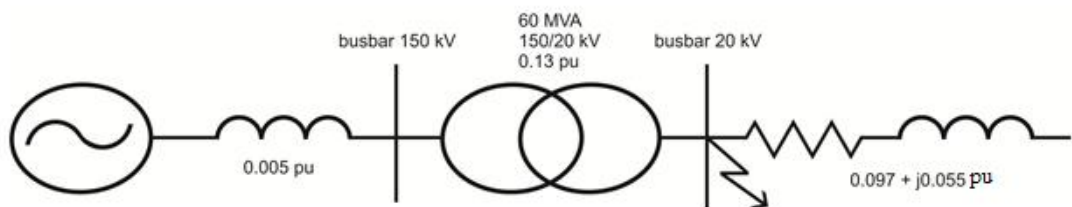
$Z_{\text{dasar}}$  = Impedansi dasar (Ohm)

$$Z_{\text{penyulang(pu)}} = \frac{0,642 + j0,3678 \text{ ohm/km}}{6,6 \text{ Ohm}}$$

$$= 0,097 + j 0,055 \text{ pu}$$

### 3.3 Perhitungan Arus Hubung Singkat Tiga Fasa Pada Penyulang Palur 1

Berikut adalah diagram satu garis untuk penyulang palur 1 , dapat dilihat di bawah ini



Gambar 2. Diagram Satu Garis Penyulang Palur 1

$$I_{\text{hs}3\phi} = \frac{V_f}{Z_{\text{ekivalen}}} \dots\dots\dots (5)$$

$$= \frac{1\angle 0^\circ}{Z_{\text{sumber}} + Z_{\text{trafo}} + Z_{\text{penyulang}}}$$

Dengan :

$V_f$  = Tegangan pada saat gangguan (pu)

$I_{\text{hs}3\phi}$  = Arus hubung singkat 3 fasa (pu)

$Z_{\text{ekivalen}}$  = Impedansi ekivalen (pu)

$Z_{\text{sumber}}$  = Impedansi sumber (pu)

$Z_{\text{trafo}}$  = Impedansi transformator (pu)

$Z_{\text{penyulang}}$  = Impedansi penyulang (pu)

$$I_{\text{hs}3\phi} = \frac{1\angle 0^\circ \text{ pu}}{j 0,005 \text{ pu} + j 0,13 \text{ pu} + 0,097 + j 0,055 \text{ pu}} = \frac{1\angle 0^\circ \text{ pu}}{0,097 + j 0,19 \text{ pu}} = \frac{1\angle 0^\circ \text{ pu}}{0,213 \angle 62,9^\circ \text{ pu}}$$

$$= 4,69 \angle - 62,9^\circ \text{ pu}$$

Untuk  $I_{\text{dasar}}$  sisi 150 kV :

$$I_{\text{dasar}} = \frac{\text{MVA dasar} \times 1000}{\sqrt{3} \times \text{kv dasar}} \dots\dots\dots (6)$$

$$= \frac{100 \text{ MVA} \times 1000}{\sqrt{3} \times 150 \text{ kV}}$$

$$= 384,9 \text{ A}$$

Untuk  $I_{\text{dasar}}$  sisi 20 kV :

$$I_{\text{dasar}} = \frac{\text{MVA dasar} \times 1000}{\sqrt{3} \times \text{kv dasar}} \dots \dots \dots (7)$$

$$= \frac{100 \text{ MVA} \times 1000}{\sqrt{3} \times 20 \text{ kV}}$$

$$= 2886,75 \text{ A}$$

Maka arus hubung singkat tiga fasa pada penyulang Palur 1 dalam amper adalah:

$$I_{\text{hs } 3\phi} = I_{\text{dasar}} \times I_{3\phi} \dots \dots \dots (8)$$

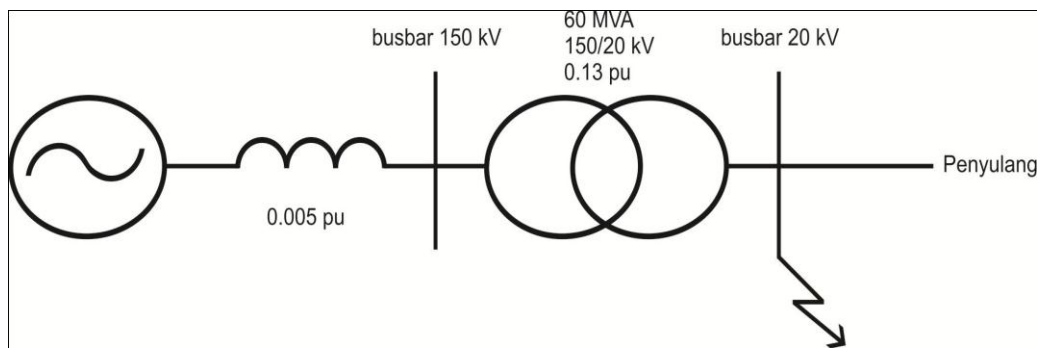
$$= 2886,75 \text{ A} \times 4,69 \text{ pu}$$

$$= 13538,85 \text{ A}$$

$$= 13,53 \text{ kA}$$

### 3.4 Arus gangguan hubung singkat 3 fasa pada busbar 20 kV

Berikut adalah diagram satu garis titik gangguan pada busbar 20 kV , dapat dilihat di bawah ini :



Gambar 3. Diagram Satu Garis Gangguan Pada Busbar 20 kV

$$I_{3\phi} = \frac{V_f}{Z_1} = \frac{1 \angle 0^\circ \text{ pu}}{Z_{\text{sumber}} + Z_{\text{trafo}}} = \frac{1 \angle 0^\circ \text{ pu}}{j 0,005 \text{ pu} + j 0,13 \text{ pu}} = \frac{1 \angle 0^\circ \text{ pu}}{0,135 \angle 90^\circ \text{ pu}}$$

$$= 7,4 \angle -90^\circ \text{ pu}$$

Maka arus hubung singkat tiga fasa pada busbar 20 kV dalam amper adalah :

$$I_{\text{hs } 3\phi} = I_{\text{dasar}} \times I_{3\phi}$$

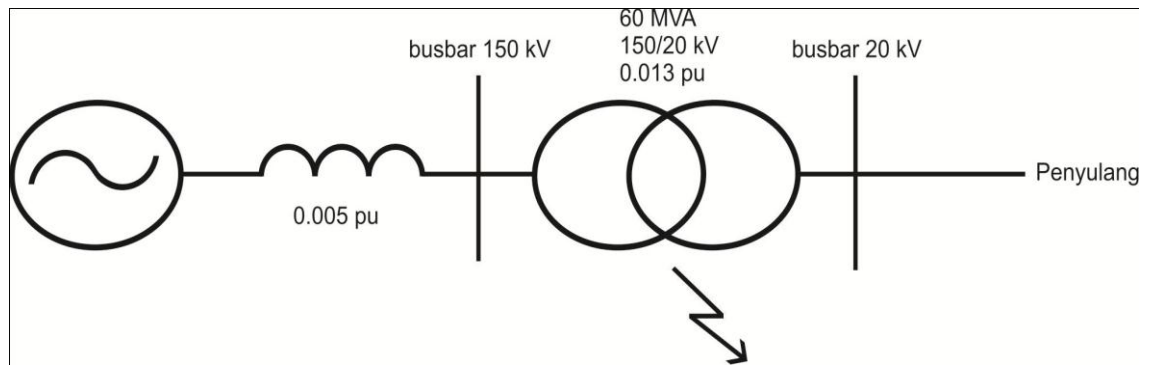
$$= 2886,75 \text{ A} \times 7,4 \text{ pu}$$

$$= 21361,95 \text{ A}$$

$$= 21,3 \text{ kA}$$

### 3.5 Arus hubung singkat gangguan dalam transformator 150/20 kV

Berikut adalah diagram satu garis gangguan dalam transformator 150/20 kV , dengan perkiraan gangguan terjadi di dalam transformator pada 10% dari total impedansi transformator. dapat dilihat di bawah ini :



Gambar 4. Diagram Satu Garis Gangguan Dalam Transformator 150/20 kV

$$I_{hs3\phi} = \frac{V_f}{Z_1} = \frac{1\angle 0^\circ \text{ pu}}{Z_{\text{sumber}} + 10\% \times Z_{\text{trafo}}} = \frac{1\angle 0^\circ \text{ pu}}{j 0,005 \text{ pu} + j 0,013 \text{ pu}} = \frac{1\angle 0^\circ \text{ pu}}{0,018\angle 90^\circ \text{ pu}}$$

$$= 55,5 \angle -90^\circ \text{ pu}$$

Maka arus hubung singkat tiga fasa dalam amper adalah :

$$I_{hs 3\phi} = I_{\text{dasar}} \times I_{3\phi}$$

$$= 384,9 \text{ A} \times 55,5 \text{ pu}$$

$$= 21361,95 \text{ A}$$

$$= 21,3 \text{ kA}$$

### 3.6 Kapasitas Pemutusan

Penentuan kapasitas PMT, nilai gangguan hubung singkat dikalikan 1,6.

1) Kapasitas pemutusan trafo 150/20 kV

$$I_{CB} = I_{hs 3\phi} \times 1,6$$

$$= 21,3 \text{ kA} \times 1,6$$

$$= 34,08 \text{ kA}$$

2) Kapasitas pemutusan untuk proteksi busbar

$$I_{CB} = I_{hs 3\phi} \times 1,6$$

$$= 21,3 \text{ kA} \times 1,6$$

$$= 34,08 \text{ kA}$$

3) Kapasitas pemutusan untuk proteksi penyulang palur 1

$$I_{CB} = I_{hs 3\phi} \times 1,6$$

$$= 13,53 \text{ kA} \times 1,6$$

$$= 21,6 \text{ kA}$$

Tabel 2. Hasil Penentuan Pemutusan Tegangan

Letak PMT	$I_{hs 3\phi}$ (pu)	$I_{CB}$ (kA)	Rating PMT (kA)
-----------	---------------------	---------------	-----------------

Transformator 150/20 kV	$3,59 \angle - 54,5^\circ$	34,08	40
Busbar 20 kV	$7,4 \angle - 90^\circ$	34,08	40
Penyulang	$4,69 \angle - 62,9^\circ$	21,6	25

#### 4.PENUTUP

Dari hasil analisa penentuan kapasitas pemutus tenaga sisi 20 kV penyulang palur 1 pada gardu induk palur dapat disimpulkan bahwa :

- 1) Kapasitas pemutusan untuk PMT transformator 150/20 kV adalah 34,08 kA dengan asumsi gangguan yang terjadi pada transformator sebesar 10% dari total impedansi transformator.
- 2) Kapasitas pemutusan untuk PMT busbar 20 kV adalah sebesar 34,08 kA dengan asumsi gangguan terjadi pada busbar 20 kV dan besar kapasitas pemutusan PMT pada penyulang Palur 1 adalah 21,6 kA.
- 3) Rating PMT transformator adalah 40 kA, rating PMT busbar 40 kA dan rating PMT penyulang Palur 1 adalah 25 kA.

#### PERSANTUNAN

Penulis mengucapkan Alhamdulillah dan terimakasih kepada pihak-pihak yang telah mendukung dan membantu penulis dalam penelitian tugas akhir sebagai berikut :

- 1) Terimakasih kepada Allah swt yang telah memberikan pertolongan dan menghilangkan rasa malas pada diri seorang penulis sehingga dapat terselesaikan dengan baik.
- 2) Terimakasih kepada keluarga penulis yaitu bapak, ibu dan kakak yang telah mendukung memenuhi kebutuhan penulis sehingga tugas akhir dapat diselesaikan.
- 3) Terimakasih kepada bapak dan ibu dosen yang telah membimbing penulis dengan sabar dan penuh tanggung jawab sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir.
- 4) Terimakasih kepada teman-teman satu angkatan penulis yaitu Muhammad wahid muntasir, danang wijanarko, ahmad eko yuli saputro, Muhammad lutfi azmi, doni frebiandi, dhanial khanani dan teman-teman kelas c khususnya yang telah memberikan bantuan dan motivasi terus menerus.
- 5) Terimakasih kepada teman angkatan 2014 semoga sukses selalu
- 6) Terimakasih kepada karyawan gardu induk palur yang telah membantu dalam memberikan data teknis peralatan dan memberi penjelasan kepada penulis.

- 7) Serta banyak pihak lain mohon maaf jika penulis tidak bisa menyebutkan satu per satu dalam memberikan motivasi dan doa.

#### **DAFTAR PUSTAKA**

- Ch G Kalaudos, dkk, 2011, *Short-circuit Analysis of An Isolated Generator and Comparative Study of IEC, ANSI and dynamic simulation*, Agia Napa, 2011.
- Debniloy De, et al, 2014, *Short Circuit Analysis of a Power Grid using*, ISSN 2231-1293, Volume 4, No 3, PP 253-258.
- Kuljinder Kaur, Er. Simerpreet Singh, 2016, *Calculation and Comparison of Circuit Breaker Parameters in Power World Simulator*, Journal of Engineering Research and Applications [www.ijera.com](http://www.ijera.com) ISSN: 2248-9622, Vol. 6, Issue 1, pp.31-34.
- Nilesh, S. Wani, R. P. Singh, 2016, *Transmission Line Faults Detection- A Review*, International Journal of Electrical Engineering & Technology (IJEET), Volume 7, Issue 2, pp.50–58.
- Ranjeet Kumar Gokulpure, Preeti Jain, 2015, *Short Circuit Analysis of Six Bus Power System*, International Journal for Scientific Research & Development Volume 3, Issue 05,20